

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.136.01 (Д002.100.02),
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО
ТЕЛА ИМЕНИ Ю.А. ОСИПЬЯНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 09.07.2024 № 10

О присуждении Астраханцевой Анне Сергеевне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Электромагнитные плазменные волны в полупроводниковых и металл-диэлектрических структурах» по специальности 1.3.8 — «Физика конденсированного состояния» принята к защите 23.04.2024 (протокол заседания № 6) диссертационным советом 24.1.136.01 (Д 002.100.02), созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук (ИФТТ РАН), 142432, г. Черноголовка, Московская область, ул. Академика Осипьяна, д. 2, приказ Минобрнауки от 17.10.2019 № 965/нк.

Соискатель Астраханцева Анна Сергеевна, 19 августа 1996 года рождения, в 2020 году окончила Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)». С 2020 года работает младшим научным сотрудником в ИФТТ РАН.

Диссертация выполнена в Лаборатории неравновесных электронных процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук (ИФТТ РАН).

Научный руководитель:

Муравьев Вячеслав Михайлович - доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории неравновесных электронных процессов

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипяна Российской академии наук (ИФТТ РАН).

Официальные оппоненты:

Волков Владимир Александрович - доктор физ.-мат. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт радиотехники и электроники имени В.А. Котельникова Российской академии наук, лаборатория методов получения тонких пленок и пленочных структур, главный научный сотрудник.

Морозов Сергей Вячеславович - доктор физ.-мат. наук, Институт физики микроструктур РАН — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук», лаборатория физики полупроводниковых гетероструктур и сверхрешеток, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией.

На диссертацию поступили только положительные отзывы. Официальные оппоненты высказали ряд замечаний и пожеланий, в основном касающихся технических моментов оформления текста, а также уточняющих вопросов по природе описываемых исследований и возможностям разработанных устройств. При этом оппоненты подчеркивают, что замечания не носят принципиального характера и не снижают общей высокой оценки работы. Все оппоненты заключают, что диссертация Астраханцевой Анны Сергеевны полностью соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. — «физика конденсированного состояния».

Ведущая организация - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (МГУ имени М.В. Ломоносова), г. Москва, в своём положительном отзыве, подписанном Хохловым Дмитрием Ремовичем - доктором физ.-мат. наук, профессором, членом-корреспондентом РАН,

заведующим кафедрой общей физики и магнитоупорядоченных сред, и Федяниным Андреем Анатольевичем - доктором физ.-мат. наук, профессором, проректором МГУ, указала, что «Диссертационная работа А.С. Астраханцевой выполнена на высоком научном уровне» и «представляет собой законченное исследование, содержащее новые интересные результаты», «Основные выводы и положения работы являются обоснованными и достоверными», «Результаты работы достаточно полно опубликованы в ведущих научных изданиях, рекомендованных ВАК, доложены на российских и международных научных конференциях», «По новизне, актуальности, объему и достоверности полученных результатов она соответствует всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. No 842, а ее автор Астраханцева Анна Сергеевна заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния».

Соискатель имеет 15 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 5 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ. Работы опубликованы в высокорейтинговых научных журналах, таких как Applied Physics Letters, Physical Review B, Physical Review Applied и других. Выборочный список наиболее значимых работ:

1. Astrakhanseva, A.S. Terahertz plasma edge engineering in semiconductor membranes with a two-dimensional electron layer / A.S. Astrakhanseva, A. Shuvaev, P.A. Gusikhin, A. Pimenov, I.V. Kukushkin, V.M. Muravev // Applied Physics Letters. – 2022. – Vol. 120, Iss. 3. – P. 31104.
2. Muravev, V.M. Tunable terahertz phase shifter based on GaAs semiconductor technology / V.M. Muravev, A. Shuvaev, A.S. Astrakhanseva, P.A. Gusikhin, I.V. Kukushkin, A. Pimenov // Applied Physics Letters. – 2022. – Vol. 121, Iss. 5. – P. 51101.
3. Shuvaev, A. Plasmonic metasurface created by a grating of two-dimensional electron strips on a substrate / A. Shuvaev, K.R. Dzhikirba, A.S. Astrakhanseva, P.A. Gusikhin, I.V. Kukushkin, V.M. Muravev // Physical Review B. – 2022. – Vol. 106, Iss. 16. – P. L161411.

Диссертация не содержит недостоверных сведений об опубликованных соискателем научных работах.

На автореферат диссертации поступило два положительных отзыва от к.ф.-м.н. Свинцова Дмитрия Александровича (старший научный сотрудник, заведующий лабораторией оптоэлектроники двумерных материалов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)») и д.х.н. Завьяловой Елены Геннадиевны (доцент химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»), в которых отмечается, что «Результаты, полученные Анной Сергеевной, имеют высокое значение как для фундаментальной физики твердого тела, так и для прикладных терагерцевых технологий», «Работа выполнена на очень высоком уровне и соответствует требованиям к диссертации на соискание степени кандидата физико-математических наук, а А.С. Астраханцева заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 «Физика конденсированного состояния». Был высказан ряд замечаний и пожеланий, касающихся технических моментов оформления рисунков в автореферате и стилистических формулировок, а также вопроса о причине выбора именно решетчатого, а не сплошного затвора на устройствах фазовращателей. Отмечается, что сделанные замечания не снижают общей высокой научной и практической значимости работы А.С. Астраханцевой.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются крупными специалистами в области физики двумерных электронных систем. Все оппоненты имеют значительное число опубликованных работ в областях, общих по тематике с диссертацией.

В частности, официальный оппонент Волков Владимир Александрович - выдающийся физик-теоретик, общепризнанный эксперт в области физики конденсированного состояния, неравновесных процессов в низкоразмерных электронных системах, плазменных, спиновых и кинетических явлений. Официальный оппонент Морозов Сергей Вячеславович – физик-экспериментатор. Выдающийся специалист в области физики полупроводников и инфракрасной

и ТГц спектроскопии. Внес заметный вклад в изучение процессов лазерной генерации в CdHgTe/HgTe гетероструктурах.

Ведущая организация - МГУ имени М.В. Ломоносова - является одним из крупнейших и наиболее авторитетных в России центров по фундаментальным научным исследованиям и прикладным разработкам в области физики конденсированных сред, в том числе полупроводников и диэлектриков, физике низкоразмерных систем, оптоэлектроники, наноэлектроники.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований получен ряд принципиально новых результатов, связанных с обнаружением поперечных плазменных колебаний в двумерных электронных системах.

В частности, в рамках настоящей диссертационной работы была разработана технология изготовления тонких диэлектрических мембран с двумерной электронной системой на их поверхности. Благодаря данной технологии были исследованы спектры пропускания ДЭС на поверхности диэлектрических мембран различной толщины. Было установлено, что разработанное устройство обладает электромагнитной прозрачностью выше частоты плазменного резонанса, что эквивалентно ультрафиолетовой прозрачности металлов. Также данная технология позволила определить, какие параметры системы влияют на наблюдаемый плазменный край. Показано, что, прикладывая внешнее магнитное поле, можно плавно управлять сдвигом фазы прошедшего излучения. Предложен и реализован прототип плазмонного полупроводникового фазовращателя. Изучено влияние параметров полупроводниковой GaAs подложки на величину фазового сдвига электромагнитного излучения, проходящего через подложку с ДЭС. Установлено влияние на измеряемый фазовый сдвиг плотности электронов в ДЭС. Также показано, что ДЭС в виде периодических полосок, расположенных на диэлектрической подложке, выступает в качестве плазменной метаповерхности. Экспериментально установлено, что разработанная метаповерхность демонстрирует анизотропный электродинамический отклик. Изучены свойства новых электромагнитных плазменных волн в структурах с ДЭС в форме полосок.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что разработана теоретическая модель, описывающая поведение изготовленного

фазовращателя, которая хорошо согласуется с экспериментальными данными. Для полного теоретического описания полученных результатов о влиянии параметров полупроводниковой GaAs подложки на величину фазового сдвига был применён метод матриц передачи. Разработанная физическая модель хорошо описывает полученные результаты. Также было показано, как геометрические параметры структуры с двумерной электронной системой в форме полосок влияют на частоту плазменного резонанса. Предложенная физическая модель находится в согласии с экспериментальными данными. В том случае, когда вектор поляризации электромагнитного излучения направлен перпендикулярно полосам, обнаружено возбуждение новой плазменной моды, которая возникает вследствие бокового экранирования при стремлении щели между полосками к нулю. Предложена теоретическая модель, описывающая данное явление, которая находится в согласии с экспериментальными данными.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что одной из ключевых задач в современной высокочастотной электронике является разработка фазированных антенных решеток на частотах в терагерцовом диапазоне (0.1–1 ТГц). Возможные применения таких фазированных массивов связаны с созданием систем скоростной беспроводной связи на ТГц частотах. Поэтому новые физические подходы, основанные на современных полупроводниковых технологиях, являются крайне востребованными. Технология изготовления тонких мембран с ДЭС на поверхности позволила создать новый тип фазовращателей, который продемонстрировал работу при температурах до 80 К. Дизайн устройства легко масштабируется до плоского фазированного массива, что открывает перспективы для его применения в системах управления диаграммой направленности излучения. Также обнаружение поперечных электромагнитных плазменных волн открывает перспективы для создания новых плазмонных метаматериалов.

Достоверность полученных результатов обеспечивается корректностью постановки исследовательских задач; использованием экспериментальных методик, являющихся адекватными и эффективными для изучения рассматриваемых явлений; использованием сертифицированного экспериментального оборудования; сопоставлением результатов эксперимента с теоретическими предсказаниями в тех

случаях, когда предсказания существуют, а также сопоставлением физического эксперимента с численным моделированием; апробацией результатов путём их публикации в ведущих международных рецензируемых журналах, докладов на российских и международных конференциях, обсуждения на семинарах в кругу специалистов.

Личный вклад соискателя состоит в том, что автор принимал непосредственное активное участие в постановке задачи, выборе методологических подходов, разработке технологии изготовления тонких мембран с ДЭС на поверхности, изготовлении исследуемых образцов, обработке и интерпретации полученных результатов, а также в подготовке и написании научных статей.

Диссертационный совет заключает, что диссертация Астраханцевой А.С. является самостоятельной завершённой научно-квалификационной работой. Работа Астраханцевой А.С. полностью отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в соответствии с пунктом 9 Положения о присуждении ученых степеней Постановления Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.

На заседании 09 июля 2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Астраханцевой А.С. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 21 доктор наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 28 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» - 21, «против» - 0, недействительных бюллетеней - 0 .

Председатель

диссертационного совета

чл.-корр. РАН



Левченко Александр Алексеевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

д-р физ.-мат. наук

9 июля 2024 г.

A handwritten signature in blue ink, which appears to be "Гаврилов Сергей Сергеевич".

Гаврилов Сергей Сергеевич